

меньше. К тому же уменьшились показатели средней величины кванта и квантового содержания. Это указывает на влияние пресинаптических механизмов в экспрессии длительной депрессии синаптической нейротрансдачи между нейронами гиппокампа в культуре. В условиях длительной депрессии достоверно не было выявлено изменений в частоте сПСТ.

Анализ квантовых показателей при длительной депрессии глутаматергической синаптической передачи между нейронами важен для формирования более полных представлений о механизмах, которые играют фундаментальную роль в нормальном функционировании ЦНС, и развития нейронных сетей.

Ключевые слова: нейроны гиппокампа, синаптическая передача, глутамат, квантовый анализ, длительная депрессия.

K. Chernyshenko, stud.

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

O. Kolesnyk, Ph.D.,

N. Veselovskiy, Dr. Sc.

Bogomoletz Institute of Physiology of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

THE ANALYSIS OF QUANTAL CHARACTERISTICS OF SPONTANEOUS EVOKED EXCITATORY POST SYNAPTIC POTENTIAL SIN LONG-TERM DEPRESSION OF GLUTAMATERGIC NEUROTRANSMISSION BETWEEN CULTURED HIPPOCAMPAL NEURONS

The results of electrophysiological studies of the quantal release features of glutamate in hippocampal neurons' synapses in long-term depression of synaptic transmission are presented.

To research the topic, we used the primary culture of the rat hippocampus. Using the patch-clamp technique, the frequencies and amplitudes of excitatory spontaneous postsynaptic currents (EPSCs) were determined, their distributions were analyzed and the basic quantal parameters were calculated.

Long-term depression of synaptic transmission was achieved by tetanic stimulation of the axon of the presynaptic cell for 5 minutes with a stimulation frequency of 5 Hz. Spontaneous current in depression was recorded 20-30 min after tetanic stimulation.

It has been shown that the amplitude of the EPSCs registered in hippocampal neurons decreased in the long-term depression of synaptic transmission. It has been found that two neurotransmitter vesicles are usually released in the control at the same time and one during the long-term depression of synaptic transmission. It means that the probability of release decreased. In addition, the average quantal amplitude and quantum content decreased. It indicates the effect of presynaptic mechanisms in the expression of long-term depression of synaptic neurotransmission between hippocampal neurons in culture. In the conditions of long-term depression, no significant changes were found in the frequency of EPSCs.

The analysis of quantum parameters in long-term depression of glutamatergic synaptic transmission between neurons is important for the formation of more complete ideas about the mechanisms that play a fundamental role in the normal functioning of the CNS and the development of neural networks.

Keywords: hippocampal neurons, synaptic transmission, glutamate, quantum analysis, long-term depression.

УДК 612.82/.83; 612.821

DOI: https://doi.org/10.17721/1728_2748.2020.80.30-34

Т. Куценко, канд. біол. наук, доц.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ВПЛИВ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРОЯВ ЕМОЦІЙНОГО ЕФЕКТУ СТРУПА

Емоційний ефект Струпа (ЕЕС) є результатом більшої затримки при називанні кольору, яким написані емоційні слова, ніж кольору, яким написані нейтральні слова, за рахунок переключення уваги на емоційно значущу інформацію. ЕЕС переважно застосовується в обстеженнях психопатологій, але перспективним є його використання і для розв'язання прикладних психофізіологічних завдань, від професійного відбору і нейромаркетингу до детектування брехні та виявлення загроз із боку емоційно нестабільних індивідів. Оскільки ЕЕС чутливий до умов тестування, то досліджувались різні модифікації емоційного тесту Струпа (ЕТС). У межах субтестів наводились нейтральні та емоційні (з негативним забареленням) слова. Включення в субтести дистракторів (гальмієвих слів, назв рослин і тварин, на які не потрібно реагувати натисканням клавіш) ускладнює виконання завдання, що виявляється у значному подовженні часу реакції. У випадку виконання завдання зі значним когнітивним навантаженням ліва рука реагує на емоційні стимули довше, ніж права. Отримані результати можуть указувати на формування особливої системи оброблення емоційної інформації у правій півкулі, тоді як ліва півкуля зосереджена на виконанні когнітивного завдання. Імовірно, що у випадку посилення когнітивного контролю підсистеми оброблення емоційної та когнітивної інформації працюють відносно автономно, міжпівкульна взаємодія посилюється, а функціональна асиметрія зменшується. Зі зменшенням когнітивного тиску зростає функціональна асиметрія, імовірно, зменшується міжпівкульна взаємодія, а ЕЕС не виявляється. Отримані величини латентних періодів реакції на емоційно значущі та нейтральні подразники можуть бути використані для розробки шкал і критеріїв оцінювання емоційних реакцій людини за потреби їх виявлення.

Ключові слова: емоційний ефект Струпа, латентні періоди реакції, міжпівкульна асиметрія, метаконтроль.

Вступ. Мозок людини постійно відстежує значущу інформацію, яка априорі є емоційною, і обов'язково переключає ресурси уваги у випадку її надходження. Емоційний ефект Струпа (ЕЕС) є результатом більшої затримки при називанні кольору, яким написані емоційні слова, ніж кольору, яким написані нейтральні слова. ЕЕС переважно застосовується і гарно виявляється в обстеженнях низки психопатологій, таких як тривожність, obsesивно-компульсивні розлади, пост-травматичний синдром, депресія, соціальна фобія. У дослідженнях здорових людей цей ефект часто менш виражений. Принаймні частина популярності емоційного тесту Струпа пояснюється його об'єктивною приро-

дою, тим, що він не заснований на самозвіті та не є нав'язливим (тобто не втручається у внутрішній світ обстежуваного). Крім того, емоційні слова можуть бути підібрані так, щоб відповідати конкретній патології або поточній проблемі обстежуваного [4]. Попри величезну кількість досліджень нейронних механізмів оброблення емоційної інформації, унаслідок складності і залучення широких нейронних мереж до її обробки, питання про те, якими системами мозку здійснюється контроль за потоками емоційної інформації, усе ще далеке від розв'язання. Відомо, що до виникнення ЕЕС залучені передня система уваги та емоційні структури мозку [6, 9, 8]. Імовірно, що за механізмами виникнення ЕЕС близький

до орієнтувального рефлексу [3]. Можна припустити, що при цьому велику роль має відігравати також міжпівкульна функціональна асиметрія та взаємодія. Дослідження механізмів емоційних процесів становить не лише суто теоретичний, але і практичний інтерес. Установлення і застосування параметрів реакції на певні подразники, у першу чергу латентних періодів (ЛП) реакції, може мати практичне значення для цілої низки сфер діяльності людини, від професійного відбору і нейромаркетингу до детектування брехні та виявлення загрози з боку емоційно нестабільних індивідів. При всій, здавалось би, простоті ЕТС виникає багато труднощів, пов'язаних із вибором параметрів і режимів тестування, що накладає відбиток на отримання релевантного результату (власне ЕЕС) [4]. Тестування ЕЕС дуже чутливе до різних деталей: орально чи мануально надаються відповіді, блоками чи змішано подаються нейтральні та емоційні слова, довжина самих слів, семантичні поля, із яких вони підібрані тощо. Для практичного застосування важливо мати відносно прості, зручні в застосуванні та недорогі методики вимірювання емоційних реакцій. У більшості досліджень, які вимірюють ЛП реакції на ті чи інші стимули, використовується домінуюча рука, і це цілком вірно, оскільки реакції саме цієї руки перебувають під точнішим метаконтролем (порівняно з недомінуючою рукою) з боку центрального процесора, на роль якого найбільше претендує фронто-парієтальна система лівої півкулі. Але коли потрібно виявити емоційні реакції, які свідомо чи підсвідомо пригнічуються, саме реакції недомінуючої руки, яка слабше свідомо контролюється, можуть дати цінну інформацію про обробку емоційних подразників. Збільшення когнітивного навантаження відволікає ресурси уваги, сприяючи прояву підсвідомих реакцій [10]. Новизна представленого в роботі дослідження полягає у порівнянні режимів тестування ЕЕС із різним рівнем когнітивного навантаження, а також оцінюванні функціональної асиметрії мозку при виконанні ЕТС за порівняннями ЛП реакції на подразники для обох рук.

Об'єкт та методи досліджень. В обстеженні застосований емоційний тест Струпа (ЕТС), який був розроблений на кафедрі фізіології людини і тварин ННЦ "Інститут біології та медицини" КНУ імені Тараса Шевченка [1]. У тесті подаються як слова, що мають емоційне навантаження (негативно емоційно забарвлені слова, наприклад "кров", "аборт", "зрада" тощо), так і загальноновживані, які, за припущенням, не емоційні для переважної більшості людей. Усі слова підібрано так, щоб їхня довжина дорівнювала п'яти літерам і вони вживались у побутовому спілкуванні зі схожою частотою. Обстежуваному подавалася серія із 240 слів, по 120 для кожної руки, які експонувались у псевдовипадковому порядку. У першій модифікації емоційно-значущі, емоційно-нейтральні слова та назви рослин і тварин (гальмівний подразник, дистрактор) подавалися по центру екрана. На екран монітору комп'ютера виводилася інструкція: "Якщо слово, яке з'явиться на екрані, зеленого кольору – натиснути клавішу "Q" (ліва рука), якщо червоного – натиснути "P" (права рука), якщо назва рослини або тварини – на клавіші не натискати".

Введення гальмівних подразників (дистракторів) спонукає свідомо читати слова, які подаються, і це посилює когнітивне навантаження. Використання гальмівного подразника разом із необхідністю співвідносити кольори, якими написані слова, з реакціями правої та лівої руки, значно захоплює увагу обстежуваного і відволікає від емоційного значення слів. Аналізувались ЛП реакції кожної руки на емоційно значущі та нейтральні слова. Відповіді обстежуваних обома руками створюють для обох півкуль однакові можливості реагування і дозволяють оцінити прояв міжпівкульної асиметрії при виконанні ЕТС. Друга модифікація тестів аналогічна, але ознакою, яку потрібно диференціювати, є сторона пред'явлення слова – ліворуч чи праворуч. Слова написані білим кольором на чорному тлі екрана. Від обстежуваного вимагається натискати клавішу Q (лівою), P (правою рукою) або зовсім не натискати при пред'явленні на екрані слова ліворуч або праворуч, відповідно. В обох модифікаціях кожна помилка супроводжується неголосним коротким звуковим сигналом. Ряд слів сформований випадково і є фіксованим для всіх варіантів тесту. У даному обстеженні взяли участь 63 студенти віком від 18 до 23 років, 39 жінок та 24 чоловіки. Тести були пройдені в такому порядку: критерій – колір, з гальмівним подразником (дистрактором); критерій – сторона, з гальмівним подразником; критерій – колір, без гальмівного подразника; критерій – сторона, без гальмівного подразника. Тестові завдання подавались українською або російською мовою, за бажанням обстежуваного.

Статистичний аналіз результатів проводився за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (Statsoft, USA, 2001). Усі величини ефектів, partial eta squared (η^2), були розраховані з використанням ANOVA. ЛП реакції аналізувались $2^2 \times 2^2 \times 2^2$ повторними вимірюваннями ANOVA з факторами Стать (жінки проти чоловіків), Дистрактор ("з дистрактором" проти "без дистрактора"), Завдання (колір проти сторони), Подразник (емоційний проти нейтрального), Рука (права проти лівої). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівнем $p = 0,05$.

Результати та їх обговорення. ЛП реакції виявились довшими у тестах із дистрактором (929 мс) порівняно з тестами без дистрактора (473 мс), $F(1, 62) = 777,70$, $p = 0,0000$, $\eta^2 = 0,926$; при реагуванні на колір (779 мс) порівняно зі стороною (623 мс), $F(1, 62) = 242,98$, $p = 0,0000$, $\eta^2 = 0,796$; лівою рукою (708 мс) порівняно із правою (693 мс) $F(1, 62) = 22,109$, $p = 0,00001$, $\eta^2 = 0,263$. Вплив статі не досяг рівня статистичної значущості.

Виявлено ефект взаємодії між типом завдання (колір/сторона) і типом подразника (нейтральний/емоційний): $F(1, 62) = 7,7602$, $p = 0,00708$, $\eta^2 = 0,111$, який показує, що відмінності ЛП реакцій на емоційні та нейтральні стимули (емоційний ефект Струпа) особливо виражені при обробленні складнішої інформації – диференціюванні кольору порівняно з визначенням сторони, з якої знаходиться подразник (рис. 1).

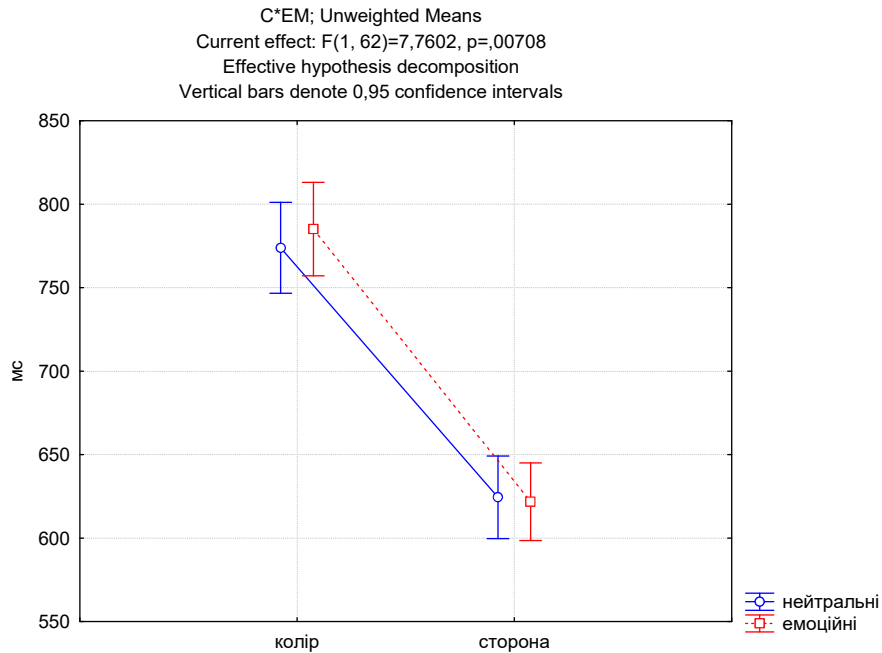


Рис. 1. Аналіз ANOVA латентних періодів реакції на нейтральні та емоційні слова у тестах із необхідністю диференціювати колір подразника або сторону пред'явлення подразника (n = 63)

Коротший ЛП реакції на сторону пред'явлення подразника пояснюється ефектом Поффенберга. Згідно з анатомічною моделлю Поффенберга (1912), коли використовується рука з тієї самої сторони, що і латералізований стимул, виявлення стимулу і моторна відповідь об'єднуються в одній і тій самій півкулі (неперехрещений шлях). На противагу, коли використовується рука, протилежна до сторони пред'явлення стимулу, виявлення сигналу і відповідь на нього мають бути об'єднані

між півкулями через мозолисте тіло (перехрещений шлях). Цей довший шлях має повільніший час реакції, що і було виявлено Поффенбергом та багатьма іншими дослідниками [5, 7]. У нашому випадку використувався неперехрещений, легший шлях.

Виявлено також ефект взаємодії між типом завдання (колір/сторона) та рукою (ліва/права): $F(1, 62) = 4,0755, p = 0,04784, \eta^2 = 0,062$, який показує, що ліва рука довше реагує на обидва типи подразників (рис. 2).

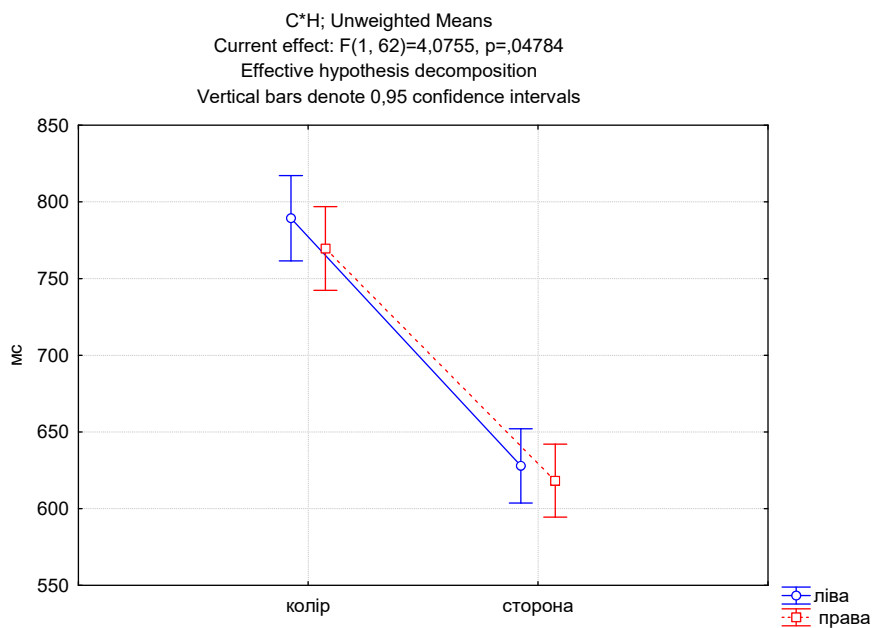


Рис. 2. Аналіз ANOVA латентних періодів реакції лівою і правою рукою у тестах із необхідністю диференціювати колір подразника або сторону пред'явлення подразника (n = 63)

Отримані результати можуть указувати на формування системи оброблення емоційної інформації у правій півкулі, тоді як ліва залучена до оброблення когнітивної інформації (виділення дистрактора, категоризація кольору стимула). Усе більше досліджень свідчать на користь асиметричного перенесення інформації між двома півкулями [2, 7].

Отримано ефект взаємодії між типом тесту (з дистрактором / без дистрактора), типом завдання

(копір/сторона) і типом подразника (нейтральний/емоційний) $F(1, 62) = 5,2704$, $p = 0,02509$, $\eta^2 = 0,078$, за яким відмінності у ЛП реакціях на емоційні та нейтральні стимули (емоційний ефект Струпа) особливо виражені при виконанні найскладнішого завдання із використанням гальмівного подразника та необхідністю диференціації кольору подразника (рис. 3).

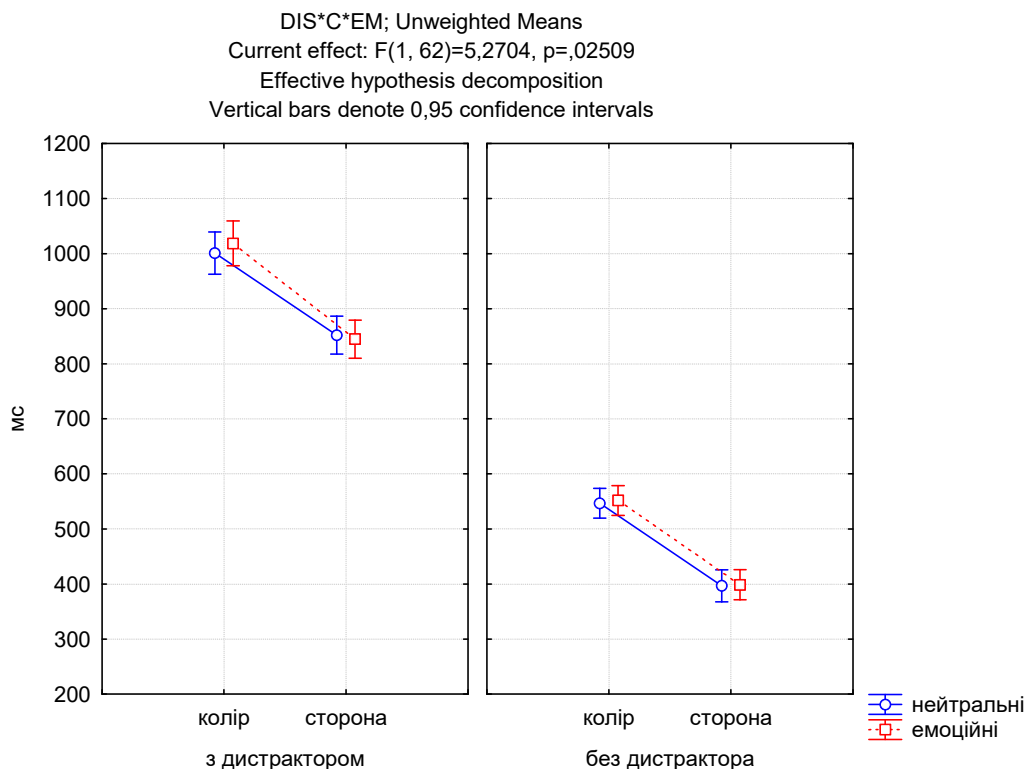


Рис. 3. Аналіз ANOVA латентних періодів реакції на нейтральні та емоційні слова у тестах із використанням або без використання дистрактора (гальмівного подразника) і необхідністю диференціювати колір подразника або сторону пред'явлення подразника ($n = 63$)

Мозок відстежує емоційну інформацію, що виявляється у загальному сповільненні оброблення стимулів при включенні в них емоційних слів.

Висновки. Емоційні слова обробляються довше, ніж нейтральні, що найкраще виявляється при виконанні важкого завдання – з дистрактором і необхідністю диференціювати колір. У випадку виконання завдання зі значним когнітивним навантаженням ліва рука реагує на емоційні стимули довше, ніж права. Отримані результати можуть указувати на формування особливої системи оброблення емоційної інформації у правій півкулі, тоді як ліва півкуля зосереджена на виконанні когнітивного завдання. Імовірно, що у випадку посилення когнітивного контролю підсистеми оброблення емоційної та когнітивної інформації працюють відносно автономно, міжпівкульна взаємодія посилюється, а асиметрія зменшується. Зі зменшенням когнітивного тиску зростає функціональна асиметрія, імовірно, зменшується функціональна взаємодія, а емоційний ефект Струпа не виявляється.

Список використаних джерел:

1. Костенко С. С. Тест для оцінки явища інтерференції під час обробки нерелевантних емоційно значущих стимулів / С. С. Костенко, В. І. Кравченко, М. Ю. Макачук // Науковий вісник Волинського універ-

ситету імені Лесі Українки. Серія "Біологічні науки". – 2008. – Вип. 3. – С. 70-73.

2. Куценко Т. В. Міжпівкульне перенесення інформації при виконанні складного тесту Струпа із залученням просторової ознаки у правшів і лівшів / Т. В. Куценко // Вісник Черкаського університету. Серія "Біологічні науки". – 2017. – № 1. – С. 37-47.

3. Algom D. A rational look at the emotional Stroop phenomenon: A generic slowdown, not a Stroop effect / D. Algom, E. Chajut, S. Lev // Journal of Experimental Psychology: General. – 2004. – 133(3). – P. 323-338.

4. The emotional Stroop task: assessing cognitive performance under exposure to emotional content / M. S. Ben-Haim, P. Williams, Z. Howard et al. // J. Vis. Exp. – 2016. – 112. – e53720.

5. Boyson A. The effect of age on interhemispheric transfer time: an event related potential study / A. Boyson // The Plymouth Student Scientist. – 2013. – 6(2). – P. 78-97.

6. Paying attention to emotion: An fMRI investigation of cognitive and emotional Stroop tasks / R. J. Compton, M. T. Banich, A. Mohanty et al. // Cognitive, affective, and behavioural neuroscience. – 2003. – 3(2). – P. 81-96.

7. Erbil N. Connectivity measures in the Poffenberger paradigm indicate hemispheric asymmetries / N. Erbil, S. Yagcioglu // Functional Neurology. – 2016. – 31(4). – P. 249-256.

8. Geukes S. Stroop effects from newly learned color words: effects of memory consolidation and episodic context / S. Geukes, M. G. Gaskell, P. Zwitserlood // Frontiers in Psychology. – 2015. – Vol. 6, № 278. – P. 1-16.

9. MacLeod C. M. Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review / C. M. MacLeod // Psychological Bulletin. – 1991. – Vol. 101, № 2. – P. 163-203.

10. Rosenfeld J. Peter (Editor) Detecting concealed information and deception: recent developments / J. Peter Rosenfeld (Editor) // Academic Press; 1 edition. – 2018. – 396 p.

References (Scopus):

1. Kostenko S. S., Kravchenko V. I., Makarchuk M. Yu. Test dlya otsinky yavlyshchaya interferentsiyi pid chas obrobky nerelevantnykh emotsiyno znachushchykh stymuliv [A test for evaluating the phenomenon of interference during the processing of irrelevant emotionally significant stimuli]. Scientific Bulletin of the Volyn University named after Lesya Ukrainka. Series "Biological Sciences". 2008; 3: P. 70-73. Ukrainian.
2. Kutsenko T. Mizhpivkul'ne perenesennya informatsiyi pry vykonanni skladnoho testu Strupa iz zaluchennyam prostorovoyi oznaky u pravshiv i livshiv [Interhemispheric transfer of information in performance of complex Stroop test involving spatial properties by right- and left-handers]. Bulletin of Cherkasy university. Biological Sciences Series. 2017; 1:P.37-47. Ukrainian.
3. Algom D., Chajut E., Lev S. A rational look at the emotional Stroop phenomenon: A generic slowdown, not a Stroop effect. Journal of Experimental Psychology: General. 2004; 133(3): 323-338.
4. Ben-Haim M. S., Williams P., Howard Z., Mama Y., Eidels A., Algom D. The emotional Stroop task: assessing cognitive performance under exposure to emotional content. J. Vis. Exp. 2016; 112: e53720, doi:10.3791/53720.
5. Boyson A. The effect of age on interhemispheric transfer time: an event related potential study. The Plymouth Student Scientist. 2013; 6(2): 78-97.

6. Compton R. J., Banich M. T., Mohanty A., Milham M. P., Herrington J., Miller G. A. et al. Paying attention to emotion: An fMRI investigation of cognitive and emotional Stroop tasks. Cognitive, affective, and behavioural neuroscience. 2003; 3(2): P. 81-96.
7. Erbil N., Yagcioglu S. Connectivity measures in the Poffenberger paradigm indicate hemispheric asymmetries. Functional Neurology. 2016; 31(4): 249-256.
8. Geukes S. Stroop effects from newly learned color words: effects of memory consolidation and episodic context. Frontiers in Psychology. 2015. 6 (278): 1-16.
9. MacLeod C. M. Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. Psychological Bulletin. 1991; 101(2): 163-203.
10. Rosenfeld J. Peter (Editor) Detecting concealed information and deception: recent developments. Academic Press, 1 edition. 2018: 396.

Надійшла до редколегії 20.01.2019
Отримано виправлений варіант 21.02.2019
Підписано до друку 21.02.2019

Received in the editorial 20.01.2019
Received a revised version on 21.02.2019
Signed in the press on 21.02.2019

Т. Куценко, канд. биол. наук, доц.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ВЛИЯНИЕ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ЭФФЕКТА СТРУПА

Эмоциональный эффект Струпа (ЭЭС) является результатом большей задержки при назывании цвета, которым написаны эмоциональные слова, чем цвета, которым написаны нейтральные слова, за счет переключения внимания на эмоционально значимую информацию. ЭЭС преимущественно применяется в обследованиях психопатологий, но перспективным является его использование и для решения прикладных психофизиологических задач, от профессионального отбора и нейромаркетинга до детекции лжи и выявления угроз со стороны эмоционально нестабильных индивидов. Поскольку ЭЭС чувствителен к условиям тестирования, то исследовались различные модификации эмоционального теста Струпа (ЕТС). В рамках субтестов предъявлялись нейтральные и эмоциональные (с негативной окраской) слова. Включение в субтесты дистракторов (тормозных слов, названий растений и животных, на которые не нужно реагировать нажатием клавиш) затрудняет выполнение задачи, проявляется в значительном удлинении времени реакции. В случае выполнения задания со значительной когнитивной нагрузкой левая рука реагирует на эмоциональные стимулы дольше, чем правая. Полученные результаты могут указывать на формирование особой системы обработки эмоциональной информации в правом полушарии, тогда как левое полушарие сосредоточено на выполнении когнитивной задачи. Вероятно, что в случае усиления когнитивного контроля подсистемы обработки эмоциональной и когнитивной информации работают относительно автономно, межполушарное взаимодействие усиливается, а функциональная асимметрия уменьшается. С уменьшением когнитивного давления возрастает функциональная асимметрия, вероятно, уменьшается межполушарное взаимодействие, а ЭЭС не обнаруживается. Полученные величины латентных периодов реакции на эмоционально значимые и нейтральные раздражители могут быть использованы для разработки шкал и критериев оценки эмоциональных реакций человека при необходимости их обнаружения.

Ключевые слова: эмоциональный эффект Струпа, латентные периоды реакции, межполушарная асимметрия, метаконтроль.

T. Kutsenko, Ph.D.

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

INFLUENCE OF COGNITIVE LOAD ON THE EXPRESSION OF THE EMOTIONAL STROOP EFFECT

The Emotional Stroop Effect (ESE) is the result of a greater delay in naming colours of written emotional words than colours of written neutral words, because of shifting attention to emotionally meaningful information. ESE is mainly used in psychopathology surveys, but its application is also promising for solving applied psychophysiological problems, from professional screening and neuromarketing to detecting lies and detecting threats from emotionally unstable individuals. Because the ESE is sensitive to testing conditions, various modifications to the Emotional Stroop Test (EST) have been investigated. Within the subtests, neutral and emotional (negatively coloured) words were presented. The inclusion of distractors in subtests (target words, names of plants and animals that were not required to be answered by keystrokes) complicates the task, which manifests itself in a considerable extension of the reaction time. When performing a task with significant cognitive load, the left hand responds to emotional stimuli longer than the right. The results obtained may indicate the formation of a special system for processing emotional information in the right hemisphere, while the left hemisphere focuses on the cognitive task. It is likely that in the case of increased cognitive load, the subsystems for processing emotional and cognitive information operate relatively autonomously, inter-hemispheric interaction is enhanced, and functional asymmetry is reduced. As cognitive pressure decreases, functional asymmetry is likely to increase inter-hemispheric interaction, and ESE is not detected. The obtained values of latent periods of reaction to emotionally significant and neutral stimuli can be used to develop scales and criteria for evaluating a person's emotional reactions when it is needed.

Keywords: emotional Stroop effect, latent periods of reaction, hemispheric asymmetry, metacontrol.